

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**В. М. Ладигенський,  
А. В. Іщенко**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**ІНЖЕНЕРНІ  
АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЇ**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня  
бакалавр напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування»)*

**Харків – ХНАМГ – 2012**

**Ладиженський В. М.** Конспект лекцій з дисципліни «Інженерні аспекти гідроекології» (для студентів 4 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / В. М. Ладиженський, А. В. Іщенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 23 с.

Автори: В. М. Ладиженський,  
А. В. Іщенко

Рецензент: д.т.н., проф. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,  
протокол № 1 від 29.08.2011 р.

© В. М. Ладиженський, А. В. Іщенко  
© ХНАМГ, 2012

## З М І С Т

Вступ .....	4
<b>Модуль 1. Інженерні аспекти розробки систем використання і охорони вод на глобальному рівні .....</b>	<b>5</b>
<b>ЗМ 1.1. Водоохоронні програми .....</b>	<b>5</b>
1. Загальнодержавна програма розвитку водного господарства України .....	5
2. Програма охорони прибережних вод Азовського та Чорного морів .....	6
3. Програма впровадження споруд фіто технологій на території України .....	8
4. Програма впровадження біоплато в Харківській області .....	9
<b>ЗМ 1.2. Схеми комплексного використання і охорони вод і відтворення водних ресурсів .....</b>	<b>10</b>
1. Схеми комплексного використання і охорони вод басейна р. Дніпро .....	10
2. Схеми комплексного використання і охорони вод басейна р. Сіверський Донець .....	14
3. Схеми комплексного використання і охорони вод басейна р. Тиси .....	15
<b>Модуль 2. Інженерні розробки систем використання і охорони вод на локальному рівні .....</b>	<b>16</b>
<b>ЗМ 2.1. Інженерні розробки раціонального використання води на промислових підприємствах .....</b>	<b>16</b>
1. Оборотні системи водоспоживання .....	16
2. Системи послідовного водоспоживання .....	16
3. Замкнуті системи водоспоживання .....	16
<b>ЗМ 2.2. Інженерні розробки економного використання води при зрошенні сільськогосподарських культур .....</b>	<b>18</b>
1. Традиційні методи зрошення .....	18
2. Крапельне зрошення .....	18
<b>ЗМ 2.3. Інженерні розробки з охорони вод .....</b>	<b>19</b>
1. Інженерна організація системи очищення стічних вод .....	19
2. Очищення вод від специфічних домішок .....	19
3. Інженерні методи охорони вод у сільській місцевості .....	21
Список джерел .....	22

## **Вступ**

Навчальна дисципліна «Інженерні аспекти гідроекології» входить до експериментального плану підготовки бакалавра напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» за вибором студентів і викладається на завершальній стадії підготовки бакалавра.

Зміст дисципліни складає відомості про створення глобальних та локальних систем раціонального використання і охорони вод.

До глобальних укладачі курсу відносять інженерні проекти, що мають значні просторові масштаби: райони, області, регіони, річкові басейни або країна в цілому. До локальних віднесені інженерні проекти окремих споруд або їх частин. У загальному вигляді відомості про локальні системи раціонального використання і охорони вод викладаються в навчальному курсі «Прикладна гідроекологія».

Навчальний курс «Інженерні аспекти гідроекології» має за мету надати студентам, які обрали інженерну спеціалізацію на відміну від менеджменту, поглиблені знання у проектуванні та експлуатації систем раціонального використання і охорони вод.

# **Модуль 1. Інженерні аспекти розробки систем використання і охорони вод на глобальному рівні**

## **ЗМ 1.1 Водоохоронні програми**

Водоохоронні програми використання і охорони вод і відтворення водних ресурсів поділяються на державні, цільові, міждержавні та регіональні.

Водоохоронні програми розробляються з метою здійснення цілеспрямованої і ефективної діяльності щодо задоволення потреб населення і галузей економіки у воді, збереження, раціонального використання і охорони вод, відтворення водних ресурсів, запобігання шкідливої дії вод.

Водоохоронні програми розробляються на основі даних державного обліку вод, водного кадастру, схем комплексного використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

На основі водоохоронних програм здійснюється державне управління в галузі використання і охорони вод і відтворення водних ресурсів.

Водоохоронні програми корегуються і доповнюються, як правило, кожні 10 років.

## **Тема 1. Загальнодержавна програма розвитку водного господарства України**

Ця Програма створена на підставі діючих програм, що стосуються окремих проблем водного господарства України, а саме:

- Програми розвитку меліорації земель і поліпшення екологічного стану зрошуваних та осушених угідь;
- Програми екологічного оздоровлення басейну Дніпра;
- Програма забезпечення сільських населених пунктів централізованим водопостачанням;
- Програма захисту від шкідливої дії вод сільських населених пунктів і сільсько-господарських угідь;
- Програма протипаводкового захисту в басейні р. Тиса

Мета Програми запобігання зростанню антропогенного впливу на довкілля, забезпечення екологічно безпечних умов життєдіяльності населення і господарської діяльності, захист водних ресурсів від забруднення та виснаження, раціональне використання водних ресурсів, забезпечення сталого функціонування екосистем річкових басейнів, запобігання шкідливої дії вод і ліквідації її наслідків.

Програмою передбачається:

- впровадження водозберігаючих та енергозберігаючих технологій;
- зменшення обсягів забруднення водних об'єктів;
- збільшення обсягів використання підземних вод для питного водопостачання;

- поширення для технічного водопостачання морських, мінералізованих підземних і шахтних вод;
- створення та упорядкування водоохоронних зон;
- розчищення русел річок;
- відновлення та підтримання сприятливого гідрологічного режиму річок і забезпечення сприятливих умов самоочищення природних вод;
- забезпечення екологічно безпечного функціонування водосховищ, каналів, водоводів та інших штучних водних об'єктів;
- забезпечення обліку використання вод і створення загальнодержавного моніторингу водних ресурсів;
- впровадження басейнового принципу управління використанням і охороною вод.

В Програмі наведені прогнозні дані щодо використання води у різних галузях економіки України на майбутній 10-річний період.

У Програмі містяться конкретні заходи з розвитку водного господарства країни на майбутній 10-річний період, а саме:

- будівництво і реконструкція водосховищ, ставків, каналів, водоводів, інших об'єктів водного господарства;
- будівництво і реконструкція систем водопостачання, водовідведення і очисних споруд;
- будівництво систем штучного поповнення запасів підземних вод;
- створення і упорядкування водоохоронних зон і прибережних захисних смуг;
- упорядкування і підвищення технологічного рівня галузевих водогосподарських систем;
- забезпечення надійного функціонування гідромеліоративного комплексу, будівництво нових і реконструкція існуючих зрошувальних і осушувальних систем;
- упорядкування водовідведення поверхневого стоку на урбанізованих територіях;
- запобігання шкідливій дії вод.

Вказуються обсяги фінансування заходів, що передбачені Програмою.

## **Тема 2. Програма охорони прибережних вод Азовського та Чорного морів**

Ця програма може розглядатися як приклад регіональної водоохоронної програми, яка призначена для розробки і реалізації заходів щодо поліпшення екологічного стану Азовського і Чорного морів. Ці моря є найбільш ізольованими від світового океану морями планети.

В межах України розташовану понад 60% загальної площі континентального шельфу.

Основні чинники, що впливають на екологічний стан, відтворення і життєздатність живих ресурсів морів:

- вкрай уповільнений водообмінний процес;
- надходження в акваторію великих обсягів забруднень з річковим стоком, особливо малих річок Донбасу і Криму, безпосередній скид у море неочищених і недостатньо очищених стічних вод Маріуполя, Одеси, Севастополя, Миколаїва та ряду інших міст;
- потрапляння у акваторію поверхневого стоку сільськогосподарських угідь та урбанізованих територій
- скиди з суден стічних вод і сміття;
- накопичення у прибережній зоні значних обсягів твердих побутових і промислових відходів
- значне антропогенне навантаження улітку в рекреаційній зонах.

Основні забруднювачі морського середовища: нафтопродукти, СПАР, органічні сполуки азоту і фосфору, пестициди, важкі метали, феноли, патогенні мікроорганізми.

Забруднення моря призвело до суттєвого зменшення біологічних ресурсів. Зокрема вилов риби за останні 50 років скоротився у 5-6 разів. Деякі, особливо цінні види риб, зникли зовсім і відтворенню не підлягають, бо знищений ареал їх розповсюдження, наприклад, филофорове поле Зернова.

Значно погіршилась якість рекреаційних ресурсів.

Щорічні втрати в наслідок забруднення морського середовища у 1,7 млрд. грн.

Для поліпшення екологічного стану Азовського і Чорного морів розроблено і впроваджується комплекс заходів:

- зменшення обсягів забруднень, що надходять з річковим стоком Дніпра, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Сів. Дінця, малих річок Причорномор'я і Приазов'я;
- екологічне оздоровлення гирлових ділянок річок з використанням біомеліоративних функцій плавців.
- оздоровлення і впорядкування малих річок Криму, Приазов'я та Причорномор'я;
- встановлення водоохоронних зон і прибережних захисних смуг морів, морських заток, лиманів і річок;
- повне припинення скидання забруднених стічних і колекторно-дренажних вод господарськими об'єктами, розташованими у межах прибережної смуги, з максимальним впровадженням оборотного водокористування;
- упорядкування водовідведення на сільсько-господарських угіддях та забезпечення протирозійної стійкості ландшафтів;
- впровадження технологій утилізації рідких і твердих відходів на судах, транспортних засобах і у портах;
- винесення звалищ сміття і відходів за межі прибережної смуги Азовського і Чорного морів з відповідним будівництвом потужностей для

перероблення, утилізації і захоронення твердих побутових і промислових відходів;

- розробка заходів для захисту акваторії під час проведення днопоглиблювальних і дноочисних робіт;
- підвищення рівня ефективності заходів щодо запобігання аваріям на морських судах і спорудах, удосконалення засобів ліквідації наслідків аварій та надзвичайних ситуацій на морі, включаючи систему раннього оповіщення і швидкого реагування аварійно-рятувальних служб;
- дослідження стану сірководневого шару Чорного моря;
- оптимізація рекреаційного використання прибережних територій і створення кадастру рекреаційних ресурсів морського узбережжя;
- збереження та відтворення біологічного різноманіття та природних ландшафтів, включаючи подальше збільшення і упорядкування площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду, водно-болотних угідь, філофорного поля Зернова та інших подібних полів;
- впровадження заходів з відтворення рибних ресурсів Азовського і Чорного морів;
- розвиток аквакультурної діяльності;
- захист морського узбережжя від руйнування та охорона земель у прибережній смузі морів.

Програмою передбачені обсяги витрат на будівництво водоохоронних споруд і заходів, укріплення берегів, відтворення біологічних, в т.ч. рибних, ресурсів, організацію природоохоронних територій і об'єктів, удосконалення моніторингу, наукові дослідження та інші заходи на загальну суму біля 1,5 млрд. грн.

### **Тема 3. Програма впровадження споруд фіто технологій на території України**

Програмою, розробленою Харківською національною академією міського господарства, передбачено будівництво по декілька пілотних зразків біоплато в кожній області України і в Автономній республіці Крим з метою подальшого розповсюдження цих простих, надійно працюючих, мало коштовних очисних споруд, призначених замінити в малих населених пунктах очисні споруди, які вийшли з ладу, вичерпавши свій експлуатаційний ний ресурс. Вдале впровадження пілотних проектів сприяє створенню біоплато в інших населених пунктах, де виникає така потреба.

Одночасно був розроблений нормативний документ з проектування, будівництва і експлуатації споруд біоплато.

Завдяки простоті, як здається, конструкції біоплато до їх проектування залучилися не дуже обізнані у цій справі люди. Допущені помилки у проектуванні і під час будівництва призвели до швидкого виходу з ладу запроектованих ними споруд, що зашкодило перш за все самій ідеї впровадження фіто технології.



Основні принципи, що обов'язково необхідно дотримувати при проектуванні і експлуатації біоплато:

- на виході труби, по якій стічна вода подається на очистку, необхідно становити зйомку сітку з прозорами розміром не більш як 3х3 см і періодично її очищати по мірі накопичення наносів;
- наявність споруд механічної очистки бажано у вигляді двосекційного відстійника, який треба вичищати 1-2 рази на рік;
- забезпечити повільну, але постійну течію води, що очищається, крізь блоки біоплато, для чого розташувати окремі блоки на місцевості з невеликим ухилом (0,05 – 0,005);
- звести до мінімуму утворення застійних явищ у блоках біоплато, для чого співвідношення ширини і довжини блоків повинно бути у межах 1:3 – 1:5, края блоків слід робити округленими.

Найбільш поширені помилки у проектах біоплато, які не дозволяють досягнути ефективного очищення стічних вод, а іноді перетворюють ці споруди у накопичувачі забруднених вод:

- недостатня пропускна спроможність споруд механічної очистки або їх відсутність взагалі;
- відсутність належного ухилу місцевості, де розташовуються блоки біоплато, або їх розташування взагалі на рівній поверхні;
- створення блоків біоплато майже квадратної конфігурації.

У загальнодержавній програмі впровадження фіто технології на території України розміщено також типовий проект споруд біоплато.

#### **Тема 4. Програма впровадження біоплато в Харківській області**

Ця програма є прикладом регіональної (місцевої) програми, що має за мету сприяння розповсюдженню певного типу очисних споруд – біоплато на території області.

В програмі міститься перелік споруд біоплато, які необхідно побудувати в найближчі 10-15 років у кожному адміністративному районі області.

Споруди біоплато повинні згодом замінити існуючі в сільській місцевості очисні споруди, строк експлуатації яких вичерпано, а також бути побудовані в тих населених пунктах, де взагалі не має очисних споруд і скид рідких побутових відходів здійснюється до вигрібних ям.

В програмі містяться дані про потрібну пропускну спроможність біоплато, їх вартість, необхідність спорудження або ремонту каналізаційної мережі, будівництва споруд механічної очистки.

Кожні п'ять років регіональну програму слід переглядати, враховуючи ступінь виконання її за цей період, зміну цін у будівельній галузі, появу нових потреб у створенні очисних споруд і каналізаційних мереж.

Обласна програма впровадження біоплато є основою для надання коштів з місцевих бюджетів і фондів охорони навколишнього природного середовища для будівництва очисних споруд в населених пунктах області.

### **ЗМ 1.2 Схеми комплексного використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів**

Схема використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів – це перед проектний документ, що визначає основні водогосподарські та інші заходи, які підлягають здійсненню для задоволення перспективних потреб у воді населення і галузей економіки, а також для охорони вод або запобігання їх шкідливим діям.

Схеми поділяються на генеральні, територіальні та басейнові.

Генеральна схема розробляється для усієї території країни, територіальна – для окремих регіонів ( наприклад: Донбас, Криворіжжя, Крим), басейнова – для окремих річкових басейнів.

Під час розробки схеми здійснюється:

- всебічна оцінка природних вод в їх постійній взаємодії з урахуванням антропогенного навантаження в сучасних умовах і на перспективу;
- визначення потреб у воді населених пунктів, окремих галузей економіки у певні періоди їх розвитку, обґрунтування норм водоспоживання з максимальним впровадженням оборотного, повторного або послідовного водокористування;
- визначення перспектив розвитку гідроенергетики, водного транспорту, рибного господарства та рекреації на водних об'єктах; у разі необхідності передбачає між басейновий перерозподіл водних ресурсів;
- узгодження потреб окремих водокористувачів, перш за все – населення, з урахуванням перспективи розвитку окремих регіонів;
- розробка водогосподарських балансів на певні періоди часу для визначення районів, які потерпають від нестачі води;
- розробка заходів з охорони водних ресурсів від забруднення та виснаження;
- оцінка впливу на довкілля будівництва та реалізації заходів, передбачених схемою, включаючи зміни природно-кліматичних умов території впливу;
- визначення витрат, необхідних для реалізації заходів, що передбачені схемою, і розрахунки їх економічної ефективності.

### **Тема 1. Схеми комплексного використання і охорони вод басейна р. Дніпро**

Оцінити значення Дніпра для України майже не можливо. Можна лише стверджувати, що басейн Дніпра є для України державо утворюючим чинником.

З давніх давен Дніпро був важливою транспортною артерією. Згадаємо «Путь из варяг в греки». Але на цьому шляху існували суттєві перешкоди у вигляді дніпровських порогів, що були розташовані десь поблизу сучасного Запоріжжя.

В наш час дніпровською водою користується майже половина населення і території України.

Протягом останнього століття можна умовно визначити три періода господарського перетворення Дніпровського басейну для потреб економіки. Перший період – приблизно з 1922 по 1932 роки, другий – з 1933 по 1985 роки і третій – з 1986 року по наш час. Ці перетворення можна назвати як розробка і реалізація схем комплексного використання і охорони вод басейна р. Дніпра.



Перша схема комплексного використання і охорони вод басейна р.Дніпро почалась розроблятися ще у 1922 р. у складі плану «ГОЭЛРО» (план государственной электрофикации России).

В результаті реалізації першої схеми у 1932 р. була введена в експлуатацію Дніпровська ГЕС – на той час найбільш потужна гідроелектростанція в Європі (600 тис. КВт). З утворенням Дніпровського водосховища дніпровські пороги були затоплені. На Дніпрі утворився суцільний судноплавний шлях.

Друга схема комплексного використання і охорони р.Дніпра почалась розроблятися у довоєнні роки і була завершена у другій половині минулого століття.

В результаті реалізації другої схеми на Дніпрі побудовано ще п'ять водосховищ з гідроелектростанціями (таблиця 1), а також Київська

гідроакумуюча електростанція, призначена для компенсації пікових навантажень в електропостачанні.

Завдяки роботі водосховищ у каскадному режимі стало можливим підвищити потужність ДніпроГЕСу майже у 2,5 рази без збільшення об'єму Дніпровського водосховища.

Таблиця 1 – Основні Характеристики Дніпровського каскаду водосховищ

Показники	Водосховища з гідроелектростанціями					
	Київське	Канівське	Кременчуцьке	Дніпродзержинське	Дніпровське	Каховське
Рік заповнення водосховища	1965	1972	1961	1964	133	1956
Напір	11,5	10,5	17,0	12,6	35,4	16,5
Площа дзеркала, км <sup>2</sup>	922	675	2250	576	410	2150
Об'єм водосховища повний, км корисний, км	3,73	2,62	13,5	2,45	3,3	18,2
	1,17	0,3	9,0	0,27	0,83	6,8
Ширина водосховища максимал., км середня, км	12,0	8,0	28,0	8,0	7,0	25,0
	8,36	5,48	15,1	4,97	3,18	9,35
Глибина водосховища максимальна, м середня, м	19,5	21,0	20,0	16,0	53,0	24,0
	4	3,9	6,0	4,3	8,0	8,5
Довжина водосховища, м	110	123	149	114	129	230
Потужність ГЕС, МВт	361	444	625	352	1538	351
Виробництво електроенергії, млн. КВт год/рік	600	823	1506	1250	4080	1419

Загальна виробка електроенергії гідроелектростанціями Дніпровського каскаду складає 9,7 млрд. КВт год/рік. Загальний корисний об'єм води в водосховищах складає майже 18,5 км<sup>3</sup>. В водосховищах акумулюється до 70 % загальнорічного стоку Дніпра. Завдяки накопиченню такої кількості води стало можливим здійснити частковий перерозподіл річкового стоку Дніпра і подати воду у малозабезпечені південні райони країни, а також в Донбас і Криворіжжя, де водні ресурси виснажені в наслідок багаторічного видобутку корисних копалин.

Для перерозподілу річкового стоку Дніпра побудовані канали (таблиця 2). Завдяки перерозподілу річкового стоку дніпровською водою користується більше половини населення і господарства України.

Негативним, але неминучим наслідком регулювання річкового стоку є суттєве зменшення (на 1-2 порядки) швидкості течії річкової води, що призвело до значного погіршення умов самоочищення у побудованих водосховищах, які перетворилися фактично у накопичувачі стічних вод. В Київському водосховищі акумульовані радіоактивні донні осади, що надійшли по р. Прип'ять після аварії на Чорнобильській АЕС.

Третя схема комплексного використання, охорони і відтворення водних ресурсів р. Дніпро, яка розробляється з початку нинішнього сторіччя, має за мету підвищити якість води у Дніпровських водосховищах.

Таблиця 2 – Канали, що живляться з Дніпровських водосховищ

Найменування каналів	Водосховище живлення	Витрати м <sup>3</sup> /сек	Протяжність, км
Дніпро-Донбас	Дніпродзержинське	120	434
Північно-Кримський	Каховське	380	401
Головний Каховський магістральний канал	Каховське	530	130
Дніпро-Кривий Ріг	Каховське	41	41
Дніпро-Інгулець	Кременчуцьке	51	39,5

Розробляється комплекс заходів по запобіганню надходження до Дніпра неочищених стічних вод, по очищенню поверхневого стоку, що надходить з сільськогосподарських угідь і урбанізованих територій, створенню водоохоронних зон і захисних смуг вздовж берегів річок. Здійснюються заходи по запобіганню і ліквідації наслідків ефтрофування води, видалення донних відкладень, укріплення берегів, ліквідації зон підтоплення тощо.

## **Тема 2. Схема комплексного використання і охорони вод басейну р. Сіверський Донець**

Басейн р. Сіверський Донець є найбільш напруженим у водному відношенні регіоном України. Таке становище склалося з одного боку завдяки інтенсивному розвитку водо споживаючих підприємств металургійної, хімічної і машинобудівельної промисловості, а з іншого – внаслідок виснаження на цій території водних ресурсів майже за трьохсотрічний період видобутку кам'яного вугілля, а в останні десятиріччя – ще й природного газу.

Дефіцит водних ресурсів в цьому регіоні став суттєво відчутним у повоєнні роки, коли здійснювалася відбудова зруйнованих війною міст і промислових об'єктів.

Результатом реалізації схеми комплексного використання і охорони вод басейна р. Сів. Донець, розробку якої було закінчено у 50-х роках минулого сторіччя, було створення у 1962р. Печенізького водосховища для водопостачання м. Харкова, будівництво (1958 р.) каналу Сів. Донець - Донбас довжиною 132 км і продуктивністю 43 м<sup>3</sup>/сек для водопостачання промислових міст Донецької області.

Канал бере початок у с. Райгородок, де для забору води побудована руслова плотина заввишки 7 м. Для підживлення каналу використовується Червонооскільське водосховище побудоване в 1958 р. на р. Оскіл – лівому притоку Сів. Дінця.

Сіверський Донець є міжнародним водним об'єктом, бо він спочатку протікає територією Росії, на кордоні біля Білгородської області з Харківською потрапляє на територію України, потім на кордоні Донецької і Ростовської областей потрапляє на територію Росії.

Басейн Сів. Донця приймає значні обсяги стічних вод як на території Росії – це м. Белгород і м. Шебекіно, де розташовано великий хімічний комбінат, так і на території України – це м. Харків і Луганськ, п'ять величезних хімічних підприємств: «Славсода», «Ліссода», «Азот», «Краситель», «Заря».

Якість води на пограничних створах є предмет особливої уваги обох сусідніх держав.

### **Тема 3. Схема комплексного використання і охорони вод басейну р. Тиса**

Басейн р. Тиса розташований у Карпатському регіоні на території Закарпатської області України, Румунії, Угорщині, Словаччині, Сербії.

Особливістю водного режиму р. Тиси є виникнення поряд з весняними раптових зливових повеней, коли рівень води за годину – дві підіймається на 1-2 і більше метрів, спричиняючи затоплення прилеглих територій. Щорічні збитки від повеней в Тисі і її притоках становлять від 5 до 10 млн. євро.

Основним засобом запобігання збитків від повеней на річках є, як відомо, створення водосховищ як на основній річці, так і на її притоках, для поглинання (акумуляції) повеневих витрат.

Басейн р. Тиси є густонаселеним регіоном з великою кількістю міст, розташованих на берегах р. Тиси і її притоків. Побудова тут заплавних водосховищ пов'язана з переселенням величезної кількості мешканців і створенням нових населених пунктів замість затоплених, що з точки зору соціальних і економічних умов нереально. На р. Тисі побудоване тільки одне заплавне водосховище на території Угорщини. Його створення було пов'язане з подоланням значних проблем, включаючи передачу певної площі території від однієї країни іншій.

Схемою комплексного використання і охорони вод басейну р. Тиса, яка розробляється і поступово реалізується протягом майже півстоліття за участю розташованих у басейні країн, передбачена побудова 15-20 руслових водосховищ як на самій річці, так і на її притоках без затоплення заплави. Для збільшення об'ємів руслових водосховищ створюються невеликі гідроелектростанції, що має суттєве значення для енергозабезпечення гірських районів.

## **Модуль 2. Інженерні розробки систем використання і охорони вод на локальному рівні**

### **ЗМ 2.1. Інженерні розробки раціонального використання води на промислових підприємствах**

#### **Тема 1. Оборотні системи водоспоживання**

Для технічного водоспоживання не існує єдиних вимог до якості води. Така галузь, як харчова, потребує воду питної якості. Для виробництва лікарських засобів використовують дистильовану воду. Особливі вимоги до складу води пред'являють такі галузі, як виробництво продуктів тонкого органічного синтезу, виробництво обчислювальної техніки та ряд інших.

Для переважної більшості технологічних процесів вимоги до якості води не дуже вибагливі і допускають наявність в технічній воді певних домішок.

Враховуючи значні обсяги води, які споживає промисловість, з метою економії водних ресурсів у багатьох технологічних процесах одна й та ж вода використовується багаторазово. Така система технічного водопостачання має назву оборотної. Для кожної оборотної системи водопостачання встановлюються свої особисті вимоги до складу технічної води. Ці вимоги стосуються граничного вмісту в воді певних домішок, таких як: розчинені мінеральні речовини (мінералізація води), нафтопродукти, жири, завислі речовини і деякі інші.

Повні обмеження складу оборотної води пов'язані зі здатністю деяких домішок осідати на внутрішніх поверхнях труб та інших частин оборотних систем. Для видалення надмірних концентрацій цих домішок оборотну воду очищають у відповідних спорудах, що входять до складу оборотних систем водоспоживання.

Іншим засобом нормалізації якості оборотної води є так звані «продувочні цикли», коли частину оборотної води (зазвичай до 10%) замінюють свіжою, знижуючи таким чином концентрацію небажаних домішок.

Завдяки встановленню оборотних систем водоспоживання можливо значно зменшити спуск у водоймища забруднених промислових стічних вод й тим самим зменшити забруднення водоймищ.

#### **Тема 2. Системи послідовного водоспоживання**

Послідовне водоспоживання організується у випадках, коли вода використана на одному підприємстві не скидається у каналізацію, а може бути використана на іншому, поряд розташованому підприємстві. Таким чином на першому підприємстві досягається економія стосовно обсягів скиду стічних вод, а на другому – економія споживання свіжої води.

#### **Тема 3. Замкнуті системи водоспоживання**

Замкнуті системи водоспоживання організуються у місцевостях з обмеженими водними ресурсами з метою повного уникнення скиду стічних вод



у природні водні об'єкти, а також для максимальної економії споживання свіжої води.

Існують два типи замкнутих систем водоспоживання:

- для одного конкретного підприємства;
- для промислового міста або регіону.

При першому типі замкнутої системи водоспоживання для уникнення скиду стічних вод на конкретному підприємстві створюється розвинена система оборотного водопостачання з високим рівнем очищення технічної води, що використовується, з використанням очищеного поверхневого стоку для технічного водопостачання. Господарсько-побутові стічні води після очищення і певної підготовки використовуються для зрошення сільськогосподарських культур. Промислові стічні води, які не можливо подати в оборотну систему водопостачання використовуються для охолодження і транспортування (видалення) промислових відходів, або спрямовуються у безстічні накопичувачі-випаровувачі, а іноді навіть закачуються у підземні надійно ізольовані горизонти.

Другий тип замкнутої системи водоспоживання передбачає для технічного водопостачання промислових підприємств міста використання міських річок. Для поповнення річкового стоку в їх верхів'я подаються очищені до норм ПДК природних вод міські стічні води і поверхневий стік. Для цього потрібно суттєво підвищити рівень очищення стічних вод шляхом посилення ефективності очистки виробничих стічних вод на підприємствах, створити надійну систему доочистки вод на підприємствах, створити надійну систему доочистки вод на загальноміських очисних спорудах. Водночас виконати розчистку міських річок від донних відкладень, здійснити укріплення берегів річок камінням, залізобетоном або стійким полімерним покриттям. Таким чином буде повністю забезпечена потреба міста у технічній воді. Вода, що надходить міським водопроводом з природних джерел, буде використовуватися виключно на господарсько-побутові потреби, а також для підприємств, які за умови виробництва потребують воду питної якості.

Впровадження замкнутої системи технічного водопостачання з використанням очищених міських стічних вод забезпечить у майбутньому бездефіцитне водопостачання як промисловості, так і населення.

## **ЗМ 2.2. Інженерні розробки економного використання води при зрошенні сільськогосподарських культур**

В Україні на зрошення витрачається до 30% від водних ресурсів, що споживаються, у південних регіонах – до 50%. Коефіцієнт корисної дії (ККД) зрошувальних систем становить у середньому по Україні до 0,82, що досягнуто головним чином завдяки будівництву водорозподільної мережі з залізобетонним облицюванням. Частина каналів, побудованих у післявоєнний період у земляних річищах, мають ККД 0,67 – 0,7.

Важливе значення для економії водних ресурсів має дотримання норм зрошення сільськогосподарських культур.

### **Тема 1. Традиційні методи зрошення**

В Україні набули поширення такі види зрошення сільськогосподарських культур:

- по борознах;
- дощуванням.

Обидва ці методи є значно витратними за кількістю зрошувальної води, що використовується, а значить вилучається з водного об'єкту.

При зрошенні « по борознах» значна кількість зрошувальної води фільтрується в ґрунт, сприяючи підвищенню горизонту ґрунтових вод і викликаючи небезпеку заболочення території.

При зрошенні методом дощування значна кількість зрошувальної води втрачається за рахунок випаровування.

За оцінками, при традиційних методах зрошення до 90-95% зрошувальної води, у порівнянні з найбільш прогресивним методом зрошення – крапельним, втрачається марно.

### **Тема 2. Крапельне зрошення**

В посушливих регіонах, де дощі випадають дуже рідко, для водо забезпечення застосовуються такі витратні методи, як опріснення мінералізованої підземної або морської води, що можуть собі дозволити країни багаті на енергетичні ресурси, наприклад, Саудівська Аравія. Ця країна завдяки використанню опрісненої води збирає три врожаї на рік і постачає зернові сусіднім країнам, увійшовши таким чином до дуже обмеженого кола країн експортерів зерна.

Вода, що отримана таким витратним методом використовується дуже обережно. Кожна краплина потрапляє безпосередньо на коріння рослини.

Крапельна система зрошення складається з мережі подачі води безпосередньо коріння рослин та системи управління процесом зрошення, яка враховує вид зрошувальної рослини, період року, час доби, наявність атмосферних опадів і інші чинники.

## **ЗМ 2.3. Інженерні розробки з охорони вод**

### **Тема 1. Інженерна організація системи очищення стічних вод**

Стічні води, з точки зору застосування тих чи інших засобів їх очищення, поділяються на:

- господарсько-побутові, що утворюються в наслідок користування водою населенням;
- промислові, що утворюються на виробництвах;
- міські – суміш господарсько-побутових, промислових стічних вод і поверхневого стоку, що по системі водовідведення потрапляє на загальноміські очисні споруди.

Очищення стічних вод має за мету приведення їх складу і властивостей у відповідність до встановлених нормативів гранично допустимого скиду (ГДС) у водні об'єкти.

Для господарсько-побутових стічних вод застосовується двоступеневий засіб очищення, що включає споруди механічної очистки і споруди біологічної очистки.

Механічна очистка забезпечує видалення зі стічних вод крупні включення, завислі речовини і плаваючі домішки. Біологічна очистка сприяє деструкції розчинених у воді органічних сполук природного походження, що визначаються показником БСК – біохімічне споживання кисню. Основним робочим елементом споруд біологічної очистки – це угруповання мікроорганізмів, для яких розчинені органічні сполуки є продуктом споживання. В якості споруд біологічної очистки використовуються:

- біофільтри, в яких угруповання мікроорганізмів, знаходячись у статичному стані, прикріплюються до поверхні фільтруючого завантаження – щебеню, гравію тощо.
- аеротенки, де угруповання мікроорганізмів завдяки надходженню стиснутого повітря знаходяться у динамічному стані;
- біоплато, де поряд з угрупованнями мікроорганізмів суттєву роль в очищенні стічних вод відіграє водна рослинність.

Значна кількість домішок, що міститься у промислових стічних водах, а саме іони металів, розчинені мінеральні солі, штучно-синтезовані органічні сполуки, значні концентрації нафтопродуктів і жирів, не видаляються з води спорудами біологічної очистки. Для їх видалення треба застосовувати засоби фізико-хімічної очистки.

### **Тема 2. Очищення вод від специфічних домішок**

До специфічних домішок відносяться речовини, які неможна видалити з води за допомогою методів механічної і біологічної очистки.

Залишки найбільш дрібних завислих речовин, що не вдалося видалити на спорудах механічної очистки, вилучаються з води методом коагуляції з

флокуляцією або методом фільтрування з застосуванням різноманітних фільтруючих перепон: металевих сіток, тканин, мембран.

Для здійснення процесу фільтрування застосовується тиск, величина якого залежить від розміру порів фільтру і може сягати декількох десятків атмосфер.

Розчинені мінеральні речовини (солі), концентрація яких визначається показником «мінералізація», можуть бути вилучені з води такими методами:

- виморожуванням – як за допомогою холодильних машин, так і в природних умовах узимку, ефективність методу оцінюється у 40-50%;
- випаровуванням з отриманням конденсату (дистильованої води) і осаду солей у рідкому або твердому стані, ефективність методу майже 100% ;
- електродіалізом в апаратах електролізерах, ефективність методу 70-80% ;
- гіперфільтруванням з застосуванням мембран ( зворотній осмос), ефективність методу 90-95%.

Нафтопродукти, що залишилися у стічній воді після механічної очистки, вилучаються наступним чином:

- екстракцією з евапорацією, де досягається залишкова концентрація нафтопродуктів 5 мг/л, цілком придатна для використання води в оборотній системі водопостачання, використовується при значних витратах стічних вод;
- флотацією (одно - або декілька ступеневою) з досягненням концентрації нафтопродуктів 0,05 мг/л, з застосуванням поліуретанових фільтрів, де досягається залишкова концентрація нафтопродуктів 1 мг/л.

Іони металів вилучаються з води за допомогою іонного обміну. Цей метод зараз є найбільш поширеним. На деяких підприємствах ще використовується електролітичне осадження металів на електродах (анодування).

Штучно синтезовані розчинені органічні сполуки видаляють зі стічних вод методом адсорбції, ефективність 90-95%. Менш поширеними являються окисно-відновлювальні методами, які застосовуються у трьох варіантах:

- електрохімічне відновлення і окислення;
- окисно-відновлювальні методи з додаванням кисню під тиском при нормальній температурі;
- термоокислювальні методи з додаванням кисню під тиском і високою температурою. Ефективність очищення становить 95-99%.

Електрохімічна очистка здійснюється в електролізерах. Очистка стічних вод з застосуванням кисню, що подається під тиском при нормальній і підвищеній температурі відбувається в апаратах періодичної дії, які мають назву – аеротенки. Ці апарати виготовлені з нержавіючої сталі або титану і витримують тиск у декілька атмосфер.

### Тема 3. Інженерні методи охорони вод у сільській місцевості

Видалення відходів з дворових туалетів здійснюється асенізаційними машинами на поля асенізації – найбільш продавні очисні споруди.

В окремих селищах побудовані каналізаційні мережі, які передбачають наявність споруд механічної і біологічної очистки. Строк експлуатації мереж, за умови часткової заміни окремих елементів (насосних станцій, труб, колодязів), що виробили свій експлуатаційний ресурс, становить понад 100 років. Тоді як традиційні очисні споруди механічної і біологічної очистки мають строк експлуатації до 15 років. Коштів на реконструкцію і будівництва нових очисних споруд місцеві органи самоврядування за часту не мають. Очисні споруди виходять з ладу. Стічні води з каналізації прямують у водні об'єкти без очищення.

Значно більший експлуатаційний ресурс (до 50-100 років) мають очисні споруди біоплато. Згідно з існуючим рельєфом місцевості в населеному пункті можна побудувати два або більше біоплато у різних кінцях, розосередивши напрями скиду очищених стічних вод.

Поверхневий стік, що надходить з сільськогосподарських угідь містить продукти ерозії ґрунтів (завислі речовини), залишки пестицидів, мінеральних і органічних добрив (БСК і ХСК, сполуки фосфору і азоту, специфічні хімічні речовини). Надійним засобом захисту водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком є створення водоохоронних зон вздовж берегів водойм і водотоків, до складу яких входять відповідні прибережні захисні смуги. Правильно запроектовані і внесені в натуру водоохоронні зони і прибережні захисні смуги є надійним фільтром на шляху забрудненого поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь.

Верхньою межею водоохоронної зони є умовна лінія на водозаборі, по якій спостерігається початок розвитку ерозії ґрунту під впливом течії води, що збігає по водозабору у водний об'єкт.

Для перехоплення поверхневого стоку можуть облаштовуватися нагорні канави, по яких вода відводиться до ярів і інших понижень місцевості. В них можуть бути побудовані ставки, де відбувається освітлення та очищення поверхневого стоку. На схилі водоохоронної зони висаджуються дерева, чагарники і трави з розвиненою кореневою системою, формуючи таким чином своєрідний фільтр.

Суттєвою проблемою, головним чином правовою, є самовільна забудова територій водоохоронних зон, що спостерігається на багатьох водних об'єктах України.

### Список джерел

1. Рандольф Р. Что делать со сточными водами. – М., Стройиздат, 1976. – 130 с.
2. Беличенко Ю. П., Швецов М. М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 303 с.
3. Смирнов Д. Н., Тенкин В. Е. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. – М.: Металлургия, 1989. – 224 с.
4. Запольський А. К., Мішкова-Кліменко Н. А. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ЛАДИЖЕНСЬКИЙ Віктор Миколайович,  
ЩЕНКО Андрій Володимирович

Конспект лекцій  
з дисципліни

**«ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЇ»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня  
бакалавр напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування»)*

Відповідальний за випуск *Ф. В. Стольберг*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *А. М. Буткевич*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 47 Л

---

Підп. до друку 28.05.2012 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,3

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rektorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rektorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.